

# LINEE GUIDA E METODOLOGIE DI LAVORO PER LE ATTIVITA' GEOLOGICHE CONNESSE ALLA PROGETTAZIONE E ALLA REALIZZAZIONE DI PARCHEGGI NEL COMUNE DI ROMA

**Fabio Garbin**

Nel marzo 2010, l'Ufficio Extra Dipartimentale Parcheggi del Comune di Roma, ha deciso di mettere a punto una serie di indicazioni sulle modalità di presentazione e valutazione dei progetti inerenti la realizzazione di parcheggi nel proprio territorio, chiedendo la **collaborazione degli Ordini Professionali** coinvolti.

Il Consiglio dell'Ordine dei Geologi del Lazio ha aderito alla richiesta di collaborazione istituendo una apposita **Commissione di lavoro** composta anche da numerosi colleghi già coinvolti nella Commissione di Alta Vigilanza.

La Commissione di lavoro ha ideato e realizzato le **"Linee Guida e Metodologie di Lavoro"** che hanno l'obiettivo di descrivere le attività geologiche che devono essere messe in atto nell'ambito della progettazione e della realizzazione di parcheggi nel Comune di Roma, **base indispensabile per garantire la sicurezza, la prestazione in esercizio, l'economicità e la vita utile delle opere, nonché l'incolumità delle persone, il rispetto dell'ambiente e la conservazione dei manufatti circostanti potenzialmente interagenti.**

Affinché le opere di ingegneria civile siano realizzate a regola d'arte, in completa sicurezza ed a costi ragionevoli, è necessaria una conoscenza approfondita delle caratteristiche del sottosuolo, inteso come complesso eterogeneo, costituito da materiali depositatisi a seguito di processi naturali e di attività antropiche.

Le difficoltà interpretative nella ricostruzione dei modelli di sottosuolo alla scala del manufatto sono complicate dalla grande variabilità stratigrafica e geotecnica dei terreni che costituiscono il sottosuolo di Roma.

Al di sopra di un substrato sedimentario plio-pleistocenico, sono presenti i prodotti piroclastici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini, ai quali si intercalano terreni sedimentari di ambiente fluvio-lacustre, in alcune aree erosi e ricoperti dalle alluvioni recenti del Tevere, dell'Aniene e degli affluenti minori.

L'assetto geologico-stratigrafico è poi complicato dalla diffusa presenza di una coltre di riporti, prodotta in 3000 anni di attività antropiche, caratterizzata da spessori, materiali, tipologie di deposizione ed età di messa in posto molto variabili.

Roma è pertanto certamente definibile come un “**accidente geologico unico**”.

## SCOPO

- **Definire gli standard e le procedure di riferimento**, riconosciuti validi a livello nazionale ed internazionale, per garantire un'elevata qualità dei servizi e delle indagini
- **Uniformare la documentazione** da fornire
- **Incrementare l'efficienza delle prestazioni professionali e delle attività ad esse collegate** (indagini geognostiche s.l.)
- **Tener conto rigorosamente di tutti gli elementi prestazionali**
- **Fornire le indicazioni di riferimento ai tecnici delle amministrazioni competenti per la valutazione e l'approvazione dei singoli progetti**

## RACCOMANDAZIONI GENERALI

- Utilizzare metodi che si basino su criteri oggettivi e ripetibili, distinguendo i dati (es. stratigrafie) dalle interpretazioni (es. profili geologici).
- Individuare gli elementi di criticità geologica che possono condizionare progettazione, realizzazione e vita nominale dell'opera.
- Interazione continua fra il geologo e le altre figure professionali coinvolte nella filiera progettuale (rif. NTC 2008) e viceversa.

## ATTIVITA' DA SVOLGERE

**Studio geologico** comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti in una zona significativamente estesa, i relativi rapporti giacitureali, gli spessori, nonché l'indicazione dei lineamenti tettonici.

**Studio geomorfologico** comprendente la descrizione dei principali elementi morfologici presenti nel sito in esame e nel suo intorno significativo, la valutazione delle "pericolosità geologiche" naturali e/o antropicamente indotte (erosione superficiale, frane, esondazioni, sprofondamenti repentini del sottosuolo, ecc.).

**Studio idrogeologico** comprendente la descrizione della circolazione idrica superficiale e sotterranea, e un'analisi delle possibili interazioni con l'opera in progetto e con le relative problematiche geotecniche: soggiacenza della falda e sue escursioni stagionali, smaltimento delle acque dilavanti, vulnerabilità delle falde idriche, valutazione della loro potenzialità ed individuazione delle aree soggette ad eventuali esondazioni.



## ATTIVITA' DA SVOLGERE

**Studio delle pericolosità geologiche** comprendente quant'altro necessario ad evidenziare superfici e volumi di sottosuolo caratterizzati da singolari "criticità" geologiche (es. cavità, subsidenza, ecc.).

**Studio della pericolosità sismica di base e locale** comprendente l'esecuzione di specifiche indagini sismiche finalizzate, come previsto dalle N.T.C. 2008, alla determinazione della  $V_{S30}$  ed alla valutazione dell'insorgenza di particolari effetti di sito (liquefazione, costipamento o instabilità), nonché ad una migliore definizione della Risposta Sismica Locale ove necessario.

**Studio della parametrizzazione geotecnica** comprendente la progettazione delle indagini in sito e delle analisi di laboratorio, l'interpretazione dei dati geotecnici derivanti dalle prove e l'individuazione, per ogni unità litotecnica, dei principali parametri geotecnici disaggregati: tali attività devono essere svolte di concerto con il progettista delle strutture, rimanendone il progettista responsabile (**NTC 2008 § 6.2.2.**)

## FASI DI LAVORO

- 1. Fase conoscitiva**
- 2. Fase di indagine**
- 3. Fase di elaborazione, interpretazione e sintesi dei dati**
- 4. Stesura della Relazione Geologica**
- 5. Fase dei monitoraggi**

## 1. FASE CONOSCITIVA

### 1.1. Definizione delle caratteristiche essenziali del progetto

Il professionista deve acquisire **obbligatoriamente** la **documentazione necessaria per conoscere almeno gli aspetti generali dell'ipotesi progettuale.**

### 1.2. Reperimento dei dati bibliografici

Si devono **reperire i dati bibliografici e cartografici** relativi all'area in studio, citandone espressamente la fonte. Nel caso di precedenti indagini geognostiche, deve essere indicata la loro posizione su una apposita "Carta delle ubicazioni delle indagini"

### **1.3. Configurazione del volume geologico significativo e delle sue interazioni con l'opera**

Il professionista, sulla base dei dati bibliografici e delle dimensioni peculiari del parcheggio, deve **configurare un volume geologico significativo in relazione all'opera in progetto** (cap. 6 N.T.C. 2008 e sua Circolare esplicativa) che costituisce la base previsionale per le successive fasi di studio geologico, idrogeologico e geotecnico.

## 2. FASE DI INDAGINE

### 2.1. Caratterizzazione del volume geologico significativo

La caratterizzazione e le indagini devono riguardare il volume geologico significativo al fine di permettere la **ricostruzione** del Modello Geologico.

**Modello Geologico** della zona di interesse, costituita dal sito specifico e dal suo intorno significativo, deve consistere nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità, peculiari per ciascuna area di progetto.

## 2.2. Rilevamento geologico e geomorfologico

Prevede l'esecuzione, **laddove possibile**, di un accurato rilevamento di campagna con produzione di carte tematiche a scala adeguata.

Il rilevamento geologico, quando svolto in ambiente urbano, comporta una variazione della normale "filosofia" alla base del rilevamento geologico, in quanto oltre ai dati geologici diretti si devono ricercare, con ovvia criticità, anche i dati indiretti (fonti storiche e indagini precedenti) e, se possibile, relativi ai piani di fondazione di opere attigue, alla loro interferenza con l'opera e alle informazioni su eventuali dissesti in zona.

## 2.3. Indagini

La **progettazione delle indagini in sito ed in laboratorio** necessita la conoscenza degli aspetti generali del progetto e deve essere guidata dall'inquadramento geologico preliminare, al fine di:

- confermare l'inquadramento geologico preliminare previsto
  - acquisire le informazioni nei punti dove permangono dubbi
  - contribuire a definire modello geologico e modello idrogeologico
  - fornire i parametri geotecnici
  - creare una rete di monitoraggio mediante l'installazione di strumentazione (piezometri, inclinometri, capisaldi topografici, ecc.).
- Spesso vi è una **unica fase di indagini geologiche e geotecniche**.

E' auspicabile pertanto che i **progetti delle indagini nascano da un lavoro congiunto tra il progettista delle strutture**, che definisce l'andamento dei carichi, **ed il geologo**, che sa contestualizzare l'opera sul peculiare terreno di sedime.

Il risultato è la **scelta delle tipologie di indagini più appropriate** (carotaggi geognostici, prove di laboratorio, prove penetrometriche, indagini geofisiche, strumentazioni di monitoraggio, rilievi geomeccanici, ecc.) **per ciascuna opera contestualizzata nello specifico contesto geologico.**

Il progetto può anche essere modificato, in funzione delle informazioni che le indagini stesse forniscono in tempo reale grazie alla presenza costante in cantiere del geologo.



## 2.3.1. Piano delle indagini

Il "Piano delle indagini" costituisce un **elaborato a sé stante**, allegato alla Relazione Geologica che va redatta ai sensi delle N.T.C. 2008 § 6.2.1.

I criteri generali che governano il piano delle indagini sono costituiti dalla dimensione e tipologia dell'opera, dalla natura e complessità geologica del sito e dalle possibili interferenze fra l'opera ed il suo intorno.

Le principali informazioni da acquisire sono:

- la stratigrafia del sito
- le morfologie sepolte dalla coltre dei riporti
- le eventuali preesistenze archeologiche
- i livelli di falda e loro escursioni
- le eventuali pericolosità geologiche (cavità, radon, CO<sub>2</sub>, caratterizzazione dei terreni ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006, ecc.) e geomorfologiche (frane, subsidenza, ecc.)
- la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere

Su ciascun sito devono essere previsti un *minimo* di **4 sondaggi geognostici**.

Laddove esistano criticità geologiche, idrogeologiche, geotecniche e/o sismiche, i sondaggi devono essere eseguiti in numero maggiore, adeguato alla caratterizzazione completa dell'area e del suo sottosuolo.

E' inoltre opportuno che, con riferimento al paragrafo § 3.2.2. delle N.T.C. 2008, *minimo* **2 carotaggi vengano eseguiti fino alla profondità di almeno 30 metri**.

In tal modo, sempre in conformità alle N.T.C. 2008, si otterranno delle **verticali utili al calcolo del Vs30**, attraverso profili di Vs da acquisire mediante metodologie sismiche in foro e/o di superficie.

La **circolazione idrica ante-operam e post-operam** deve essere ben definita nel tempo mediante l'installazione di **minimo 3 piezometri posizionati all'esterno del perimetro dell'opera**.

Il geologo e l'ingegnere geotecnico, sempre di concerto con il progettista delle strutture, deve anche progettare le analisi geotecniche da far eseguire al laboratorio: al fine di pervenire al modello geotecnico è necessario definire gli stati tensionali ed i percorsi di carico. L'eventuale variazione del programma prove deriva da una sinergia con il laboratorio che verifica la fattibilità del programma stesso.

Il piano delle indagini deve essere flessibile e modificabile durante l'esecuzione, in funzione delle informazioni che le indagini forniscono.

Tale piano, condiviso con il Committente ed il progettista delle strutture, deve indicare tempi di esecuzione, elaborazione e restituzione delle singole indagini, a volte sequenziali l'una all'altra. Questo aspetto è utile alle varie figure professionali e amministrative che a vario titolo interagiscono nella progettazione e nella realizzazione dell'opera.

### 2.3.2. Direzione delle indagini in fase di esecuzione

Affinché le indagini forniscano il miglior risultato possibile, con il più favorevole rapporto costi-benefici, **è necessario un coordinamento ed una direzione costante in fase esecutiva**: è auspicabile che tali compiti siano affidati allo stesso professionista che ha redatto il "Piano delle indagini". (cfr. Circolare STC n. 7619/2010).

I compiti del **Responsabile delle indagini** sono:

- far rispettare all'impresa gli standard previsti;
- modificare, ove necessario, il piano iniziale;
- redigere, in forma chiara ed organica, la documentazione relativa ai dati provenienti dalle attività di indagine.

Ogni variazione di rilievo dal progetto iniziale deve essere tempestivamente comunicata e concordata con il Progettista.

### 2.3.3. Restituzione delle indagini

I risultati delle indagini eseguite devono essere riportati in un documento che costituisce un allegato alla relazione geologica denominato "**Rapporto sulle indagini eseguite**" in analogia con il *Ground Investigation Report* dell'Eurocodice 7.

Tale documento è una parte essenziale per l'intero sviluppo del progetto, spesso è consultato da più soggetti con competenze diverse e deve utilizzare una terminologia standardizzata (Racc. A.G.I. 1977, nomenclatura geotecnica A.G.I. 1963, ecc.).

Deve contenere il resoconto di tutte le indagini svolte in sito ed in laboratorio, **registrando senza alcuna valutazione i dati acquisiti, mantenendo uno stile oggettivo e scevro da interpretazioni.**

Qualora queste siano presenti, è importante che siano chiare e distinguibili dai dati oggettivi sperimentali.



Il "Rapporto sulle indagini eseguite" deve comprendere:

- lo scopo e l'estensione dell'indagine
- l'elenco delle indagini effettuate
- l'ubicazione delle indagini
- le motivazioni delle eventuali variazioni al piano iniziale delle indagini
- la restituzione dei dati relativi alle indagini effettuate
- l'atlante fotografico



### 3. FASE DI ELABORAZIONE, INTERPRETAZIONE E SINTESI DEI DATI

Prevede l'interpretazione di tutte le indagini, con la determinazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni presenti. Essa consiste nella valutazione, analisi e successiva elaborazione di tutte le informazioni acquisite nelle precedenti fasi di studio e di indagine e nella sintesi dei risultati che illustrino in maniera oggettiva i sopramenzionati modelli.

Qualora l'interpretazione lasci margini di incertezza è necessario proporre ai progettisti incaricati dei vari ambiti progettuali (fondazioni, opere di sostegno, scavi, ecc.) un'ulteriore fase di indagini, mirata alla risoluzione delle problematiche rimaste irrisolte.

Preventivamente all'avvio delle indagini integrative, il nuovo piano deve essere condiviso con i progettisti e la committenza.

## 4. STESURA DELLA RELAZIONE GEOLOGICA

I risultati degli studi geologici effettuati, delle indagini e delle conseguenti valutazioni, vengono descritti in un elaborato denominato “**Relazione Geologica**” (cfr. N.T.C. 2008 § 6.2.1.).

La Relazione Geologica **rappresenta la sintesi del lavoro e che definisce le condizioni del sito in relazione al progetto in esame, nonché la presenza e la natura delle eventuali criticità ai fini della fattibilità dell'intervento e della corretta funzionalità dell'opera.**

La Relazione Geologica deve prevedere (contenuti minimi):

- la sintesi accurata e completa delle ricerche bibliografiche
- la descrizione delle modalità e l'esito dei rilievi in sito
- la verifica del modello geologico preliminare
- il programma, la rendicontazione dell'esecuzione e la restituzione delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche eseguite
- la ricostruzione del modello geologico mediante la definizione dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismo-stratigrafico
- la definizione del modello idrogeologico
- la caratterizzazione geotecnica prodromica alla ricostruzione del modello geotecnico come previsto dalle N.T.C. 2008 § 6.2.2
- l'individuazione delle pericolosità geologiche, comprese le antropiche
- la definizione degli scenari di eventuale rischio geologico connessi con la realizzazione dell'opera e con la presenza di strutture esistenti al contorno
- l'indicazione e la progettazione degli interventi di mitigazione o abbattimento dei rischi

## 4.1. Premessa ed obiettivi del lavoro

La premessa deve contenere:

- i dati del professionista
- il Committente e l'esatta denominazione del progetto
- la descrizione della documentazione fornita dal Committente e/o dai Progettisti (tipo, codifica, contenuti, estensori, date)
- la descrizione del progetto (tipologia opere previste, carichi di progetto, dimensioni geometriche e plano-altimetriche, ecc)
- la bibliografia analizzata, compresa la fonte e la data
- gli eventuali dati provenienti da studi e lavori eseguiti nelle vicinanze, anche da altri colleghi e/o da committenti diversi
- il dettaglio delle attività svolte
- il quadro normativo e gli standard tecnici di riferimento

## 4.2. Inquadramento geografico

La localizzazione geografica dell'area di studio deve consentire l'individuazione del settore di territorio oggetto di approfondimenti.

Essa deve contenere l'ubicazione dell'area, con localizzazione della stessa su stralci della cartografia tecnica (C.T.R. Lazio in scala 1:10.000 o 1:5.000, catastale in scala 1:2.000 o 1:4.000) e fotoaerea/ortofoto.

### 4.3. Inquadramento geologico

L'inquadramento geologico deve contenere tutti gli elementi che caratterizzano un **settore più ampio della singola area oggetto di progettazione**, ma comunque con essa pertinente.

Deve essere redatto con riferimento ai dati più aggiornati ricavabili dalla produzione scientifica, citando la fonte.

In particolare devono essere riportati i seguenti argomenti:

- il **sintetico inquadramento geologico regionale** con breve descrizione della geologia di un'area estesa al contorno del sito, con colonna stratigrafica e dei rapporti giacitureali;
- la descrizione, l'analisi e l'interpretazione della cartografia geologica della quale devono essere allegati stralci con estratto della legenda originale e indicazione dell'area in oggetto.

#### 4.4. Inquadramento geomorfologico

L'inquadramento geomorfologico deve contenere gli elementi morfologici che caratterizzano un **settore più ampio della singola area oggetto di progettazione**.

Devono essere riportati i seguenti argomenti:

- l'inquadramento morfologico con descrizione di un'area sufficiente alla comprensione del contesto in cui è situata l'opera in progetto
- la descrizione, l'analisi e l'interpretazione della cartografia geomorfologica di cui sono allegati stralci (PAI, cartografie tematiche degli strumenti urbanistici, ecc.)
- il tipo di utilizzo precedente ed attuale dell'area che consenta la **ricostruzione di eventuali usi pregressi**
- la descrizione dell'attuale morfologia dell'area

Eseguire una ricerca bibliografica che evidenzi la presenza di possibili coltri di riporto, allegando, se presenti, stralci di antiche cartografie.

## 4.5. Inquadramento idrologico e idrogeologico

L'inquadramento idrogeologico deve descrivere gli aspetti relativi ad **un'area considerevolmente più ampia di quella interessata dalla progettazione dell'opera.**

La descrizione di tali aspetti deve essere basata su dati bibliografici, di cui va citata espressamente la fonte.

Andranno esaminati i complessi idrogeologici e le circolazioni idriche sotterranee presenti nell'area di studio, ricostruendo per ognuna di queste ultime l'andamento del flusso idrico ed i rapporti con il reticolo idrografico naturale e con le reti artificiali.

Vanno inoltre valutati i fattori di pericolosità e di vulnerabilità idrologica ed idrogeologica ed i possibili scenari di rischio, facendo riferimento a fenomeni con periodo di ritorno comparabile alla vita nominale dell'opera.

Particolare importanza deve essere data alla valutazione della possibile interferenza fra l'opera in progetto (fondazioni, paratie, ecc.) e la/le falda/e presenti.



## 4.6. Descrizione e sintesi delle indagini effettuate

**Compendio di tutte le indagini eseguite** allo scopo di fornire ai professionisti incaricati dei vari aspetti progettuali (fondazioni, sostegno degli scavi, strutture, ecc.), in maniera sintetica e completa, i risultati ottenuti e le interpretazioni svolte.

Non deve essere confuso con il "Rapporto sulle indagini eseguite" (cfr. § 3.3.3.), che costituisce un allegato a parte.

#### 4.7. Modello Geologico (N.T.C. 2008)

Il **Modello Geologico del sito** è il risultato di tutti i dati caratteristici raccolti. Dal momento che costituisce l'indispensabile punto di riferimento da cui partire per elaborare il successivo modello geotecnico del sito, deve essere redatto analizzando e valutando tutti gli elementi geologici che caratterizzano la zona di interesse e gli eventuali rischi o specifici problemi geologici:

- Geologia (stratigrafia, elementi strutturali)
- Geomorfologia
- Idrogeologia

La descrizione del modello geologico si compone di una parte descrittiva che riporta la sintesi dei dati acquisiti e di una parte che comprende gli elaborati grafici interpretativi.

I contenuti del **modello geologico** vanno organizzati al fine di rendere efficace ed immediata la lettura del modello stesso che **deve comprendere**:

- la **descrizione delle unità litostratigrafiche** e la loro disposizione nelle tre dimensioni;
- la ricostruzione e l'andamento delle superfici piezometriche;
- l'**individuazione e la descrizione di eventuali aree di instabilità in atto o potenziali**;
- l'**indicazione della categoria del sottosuolo, della categoria topografica e delle caratteristiche di sismicità della zona.**

## 4.8. Modello Idrogeologico

Il capitolo contiene tutti gli elementi idrologici ed idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto di progettazione per permettere la realizzazione di uno specifico **Modello Idrogeologico** che comprende:

- l'analisi delle precipitazioni
- l'individuazione degli acquiferi presenti
- la ricostruzione delle circolazioni idriche sotterranee
- i livelli piezometrici e la valutazione delle caratteristiche idrodinamiche degli acquiferi (permeabilità e trasmissività);
- la perimetrazione delle possibili aree di espansione o impaludamento a seguito di intense precipitazioni meteorologiche.

Deve essere redatto analizzando e valutando i diversi dati ottenuti da tutte le indagini eseguite e costituisce, insieme al modello geologico, il riferimento per il successivo modello geotecnico e per la valutazione di tutte le problematiche ed i rischi geologici connessi al progetto.

**Lo studio deve permettere la valutazione dell'impatto del parcheggio su falde presenti ante-operam**, anche con modellazioni di flusso 3D.

Infatti, l'impatto principale di un'opera in sotterraneo consiste nell'eventuale sbarramento parziale del deflusso idrico, con possibile insorgenza di variazioni dei carichi idraulici all'intorno del parcheggio che possono determinare deformazioni del terreno al di sotto dei fabbricati limitrofi, eventuali allagamenti e/o aumenti di umidità negli scantinati, anche a distanze significative dall'opera stessa. Conseguentemente, qualora le valutazioni preliminari lo rendano necessario, può essere opportuno **definire con accuratezza la permeabilità e la trasmissività degli acquiferi attraverso l'esecuzione di prove di permeabilità in foro e/o prove di pompaggio.**

#### 4.9. Elaborati grafici

- **Planimetria dello stato di fatto** con il perimetro dell'opera, l'ubicazione delle indagini e le tracce delle sezioni geologiche
- **Carta geologica** ad una scala adeguata a quella di progetto e comunque mai inferiore a 1:5.000, o una carta di maggior dettaglio.
- **Carta geomorfologica** ad una scala adeguata a quella di progetto e comunque mai inferiore a 1:5.000, o una carta di maggior dettaglio.
- **Sezioni geologiche** in scala adeguata a quella di progetto.

Le sezioni geologiche interpretative **vanno estese a tutto il volume geologico compresa la loro ricostruzione lungo il perimetro delle paratie**. Vanno eseguite le **sezioni trasversali più significative**, laddove esistono sovraccarichi laterali, circolazioni idriche, cavità.

- **Schemi e/o rappresentazioni di dettaglio della circolazione idrica ("Profili idrogeologici interpretativi")**, della pericolosità geologica, delle possibili interferenze tra l'opera ed il contesto circostante, ecc.

## 4.10. Caratterizzazione geotecnica

Deve contenere almeno i seguenti aspetti:

- l'elaborazione dei dati geotecnici acquisiti sia in sito, sia in laboratorio
- l'individuazione delle unità geotecniche
- l'attribuzione alle unità geotecniche riconosciute delle caratteristiche fisico-meccaniche individuate mediante le indagini in sito ed in laboratorio (**parametri nominali, dati disaggregati, range di variabilità, valori medi e/o ponderati**)
- l'individuazione del regime delle pressioni interstiziali

La caratterizzazione deve mettere in evidenza anche eventuali criticità geotecniche (liquefazioni, cedimenti differenziali, ecc.).

#### 4.11. Caratterizzazione sismica

La pericolosità sismica di base e l'azione sismica di progetto fanno riferimento alle N.T.C. 2008 ed alle Delibere della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009, n. 835 del 3 novembre 2009 e n. 545 del 26 novembre

2010 (<http://www.regione.lazio.it/web2/contents/ambiente/accelerogrammi.php?vms=5>)

Tali riferimenti normativi consentono di individuare:

- 1) la Zona o Sottozona Sismica di appartenenza
- 2) l'accelerazione di picco orizzontale al suolo rigido di riferimento attesa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ( $T_r = 475$  anni);
- 3) l'azione sismica allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), che è caratterizzata da probabilità di eccedenza del 10% nel periodo di riferimento ( $V_r$ ); opera ordinaria ( $V_n \geq 50$  anni), Classe d'uso III ( $C_u = 1,5$ ),  $V_r = 75$  anni ( $T_r = 712$  anni).



Per le valutazioni relative alla risposta sismica locale deve essere eseguita la **determinazione del profilo verticale di Vs per stabilire la Categoria di sottosuolo mediante il calcolo dello stimatore  $V_{S30}$** . Il profilo di Vs può essere ottenuto sia con i classici metodi sismici in foro (Down-Hole, Cross-Hole), sia tramite indagini geofisiche di superficie (Masw, Re.Mi, e HVSR, etc.). Queste ultime prove sono eseguite correttamente se vincolate a precise informazioni stratigrafiche del modello geologico del sottosuolo. In alternativa, le prove in foro presentano il vantaggio di fornire un'adeguata parametrizzazione elastica in regime dinamico dei terreni. La programmazione delle indagini geofisiche finalizzate allo studio della risposta sismica locale deve essere comunque commisurata alla presunta sismostratigrafia ed alla tipologia dell'opera in progetto.

**Per ulteriori approfondimenti si rimanda al capitolo 6 della D.G.R. Lazio n. 545 del 2010.**

## 4.12. Valutazioni dei rischi in relazione alla realizzazione dell'opera

### Rischi Geologici

Presenza e natura di: coltri di terreno di riporto, reti caveali, aree alluvionali recenti interessate da fenomeni di subsidenza, contatti stratigrafici con caratteristiche geotecniche particolarmente differenti, eteropie di facies

### Rischi Geomorfologici

Presenza di forme di dissesto in atto o potenziale, di scavi, terrazzamenti, scarpate e versanti, instabilità

## Rischi Idrologici ed Idrogeologici

Interferenza con la circolazione idrica sotterranea, **previsione e prevenzione degli effetti indesiderati a causa degli eventuali abbattimenti e/o innalzamenti locali delle falde**, flusso idrico superficiale e rapporti con il reticolo idrografico naturale e le reti artificiali, presenza dei collettori fognari, analisi dei possibili dissesti che le caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche possano provocare all'opera per un periodo di ritorno valutabile nella vita nominale dell'opera stessa, aree di esondabilità.

## Rischi legati alle ulteriori pericolosità geologiche

Cavità sotterranee, voragini, subsidenze, frane e dinamiche di versante, ecc.

Un ulteriore rischio riguarda la **possibilità che durante l'esecuzione dei lavori venga messa in comunicazione la falda superficiale con quella/e più profonda/e, con il possibile inquinamento di quest'ultima**. In fase di progettazione delle palificate e delle opere di sostegno degli scavi andranno privilegiate le tipologie realizzative che minimizzino tale rischio.

#### **4.13. Analisi e descrizione delle pericolosità geologiche a Roma**

Dovute a fenomeni evolutivi naturali e/o legati ad attività antropiche.

**Cavità sotterranee**

E' possibile una prima valutazione utilizzando la letteratura specifica. Le indagini prevedono carotaggi, ispezioni televisive in foro, indagini geofisiche, ecc. Poi si porranno le soluzioni progettuali più idonee a mitigare o abbattere il rischio.

**Subsidenza**

Fenomeni di subsidenza dei terreni sono segnalati in varie zone della città di Roma, in corrispondenza delle zone con alluvioni oloceniche della valle tiberina e dei suoi affluenti.

**Frane, dinamiche di versante**

Le condizioni di rischio sono legate a interventi edilizi che si sono sviluppati sui versanti in modo spesso scriteriato, con sbancamenti sostenuti da strutture murarie non sempre ben dimensionate.

#### 4.14. Indicazione e progettazione degli interventi di mitigazione e/o abbattimento dei rischi

Sulla base delle considerazioni precedentemente riportate si devono **descrivere ed eventualmente progettare opere ed interventi atti a mitigare e/o abbattere gli eventuali rischi presenti nell'area in esame**. Gli interventi possono avere un carattere transitorio o definitivo in relazione alla tipologia dell'opera ed alla fase edificatoria o gestionale dell'opera. Nel caso le competenze lo rendano possibile, il geologo redige il **progetto completo per la mitigazione o l'abbattimento dei rischi presenti nell'area di interesse**. Diversamente il geologo deve fornire ai progettisti tutte le informazioni ed i parametri geologici necessari a redigere il piano degli interventi.

## 4.15. Conclusioni

Possono contenere un breve riassunto delle tematiche esplicitate nell'intero corpo della relazione geologica e, nel rispetto dell'applicazione della deontologia professionale, devono esprimere un **chiaro giudizio sulla fattibilità dell'opera** in relazione alle caratteristiche ambientali circostanti, eventualmente a seguito della progettazione di opere di mitigazione dei rischi.

## 4.16. Allegati e/o Appendici

- Carta geologica
- Carta geomorfologica
- Carta idrogeologica
- Piano delle indagini
- Rapporto sulle indagini eseguite
- Sezioni geologiche
- Eventuali profili idrogeologici interpretativi
- Eventuali elaborati progettuali per interventi di mitigazione e/o abbattimento dei rischi



## 5. FASE DEI MONITORAGGI ANTE-OPERAM, DURANTE L'ESECUZIONE DELL'OPERA E POST-OPERAM

Le complessità legate a progettazione ed esecuzione di opere in area urbana richiedono la **progettazione di sistemi di monitoraggio** che, **installati ante-operam**, consentano il controllo dei parametri di interesse **durante le fasi di costruzione e per un congruo periodo di tempo dopo la conclusione dei lavori**.

Si deve verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali ed i comportamenti osservati, verificando la funzionalità dei manufatti in costruzione e di quelli al contorno.

La verifica dei parametri stratigrafici, geotecnici, idrogeologici e deformazionali in corso d'opera, consente di apportare modifiche anche sostanziali al progetto, adottando contromisure o razionalizzazioni in funzione di valori misurati più o meno penalizzanti rispetto a quelli attesi da progetto.

## **Stato ante-operam dei fabbricati adiacenti**

Prima dell'inizio dei lavori è necessario definire, di concerto con i progettisti e con l'Impresa esecutrice, lo stato di fatto dei manufatti circostanti che, sulla base del progetto, si è ipotizzato possano essere coinvolti dai lavori. Ciò deve avvenire mediante sopralluoghi, anche all'interno dei manufatti stessi, finalizzati all'individuazione di eventuali fenomeni di dissesto e/o di fessurazioni preesistenti.

Al termine dei rilievi devono essere redatti, in contraddittorio con i proprietari e/o i gestori degli immobili, i *Testimoniali di stato*, per avere una chiara immagine di tali edifici anche nell'ambito della salvaguardia del contesto urbano.

## **Monitoraggio dei fabbricati**

Prima dell'inizio della costruzione dell'opera, come già detto, è necessario allestire e avviare un monitoraggio delle strutture degli edifici adiacenti all'area di cantiere, onde verificare l'assenza di danni indotti dagli scavi. All'insorgere di eventuali dissesti, sulle strutture adiacenti andrà valutato se la causa sia addebitabile a variazioni piezometriche o a stress indotti, oppure all'insieme delle due cause.

Le strumentazioni di monitoraggio sono di varia tipologia e finalizzate alla misura di deformazioni verticali e/o orizzontali e/o angolari (inclinometri, assestimetri, monitoraggi topografici, ecc.). Il monitoraggio deve essere attivo durante la fase di costruzione dell'opera e va protratto per un periodo di tempo di almeno 12 mesi dopo il termine dei lavori.

## **Verifica del modello geologico e del modello geotecnico del sito**

Durante l'esecuzione degli scavi e/o delle opere di sostegno e/o delle fondazioni è opportuna la costante presenza anche del geologo, oltre che ovviamente del progettista, al fine di verificare la corrispondenza tra il modello geologico, il modello geotecnico del sito e lo stato reale dei luoghi.

## APPENDICE

- 9.1. Normativa di riferimento
- 9.2. Elenco delle principali pubblicazioni
- 9.3. Elenco della principale cartografia
- 9.4. Approfondimenti
  - 9.4.1. Indagini
  - 9.4.2. Prove in sito
  - 9.4.3. Strumentazione e monitoraggi
  - 9.4.4. Analisi geotecniche di laboratorio
  - 9.4.5. Indagini geofisiche

## CONSIGLIO DEI GEOLOGI DEL LAZIO

*Aprile 2010 - Novembre 2010*

**Eugenio DI LORETO**

Presidente

**Fabio GARBIN**

Vice Presidente

**Marina FABBRI**

Segretario

**Roberto TRONCARELLI**

Tesoriere

**Gianluigi GIANNELLA**

Consigliere

**Tiziana GUIDA**

Consigliere

**Claudio PANICCIA**

Consigliere

**Manuela RUISI**

Consigliere

**Roberto SALUCCI**

Consigliere

**Roberto SPALVIERI**

Consigliere

**Dario TUFONI**

Consigliere

## CONSIGLIO DEI GEOLOGI DEL LAZIO

*Dicembre 2010 - Gennaio 2012*

<b>Roberto TRONCARELLI</b>	Presidente
<b>Fabio GARBIN</b>	Vice Presidente
<b>Marina FABBRI</b>	Segretario
<b>Gianluigi GIANNELLA</b>	Tesoriere
<b>Sergio CAVELLI</b>	Consigliere
<b>Tiziana GUIDA</b>	Consigliere
<b>Claudio PANICCIA</b>	Consigliere
<b>Manuela RUISI</b>	Consigliere
<b>Roberto SALUCCI</b>	Consigliere
<b>Roberto SPALVIERI</b>	Consigliere
<b>Dario TUFONI</b>	Consigliere

## ***Commissione***

<b>Vittorio AMADIO</b>	Università di Reggio Calabria
<b>Gualtiero BELLOMO</b>	Commissione VIA MATMM
<b>Giorgio BROCATO</b>	libero professionista
<b>Angelo CORAZZA</b>	Presidenza Consiglio dei Ministri
<b>Enrico GUARNERI</b>	libero professionista
<b>Maurizio LANZINI</b>	libero professionista
<b>Giuseppe LEONI</b>	libero professionista
<b>Roberto MAZZA</b>	Università di Roma Tre
<b>Roberto SALUCCI</b>	Consiglio dei Geologi del Lazio
<b>Maurizio SCARAPAZZI</b>	libero professionista
<b>Massimo TOCCACIELI</b>	Regione Lazio

## ***Coordinatore***

<b>Fabio GARBIN</b>	Consiglio dei Geologi del Lazio
---------------------	---------------------------------



***con il contributo di***

**Stefano CIANCI**

vice direttore laborat. geotecnico

**Antonio COLOMBI**

Regione Lazio

**Marina FABBRI**

Consiglio dei Geologi del Lazio

**Pierluigi FRIELLO**

libero professionista

**Maurizio SCARDELLA**

libero professionista

**Sergio STORONI RIDOLFI**

Università Roma Tre

***Revisori***

**Pierfederico DE PARI**

Consiglio Nazionale dei Geologi

**Leonardo EVANGELISTI**

libero professionista

**Roberto MENICHELLI**

libero professionista

**Alberto ORAZI**

Regione Lazio